

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Максимов Алексей Борисович

Должность: директор департамента по образовательной политике

Дата подписания: 12.10.2026 17:00:48

Уникальный идентификатор:

8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования**

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

«Информационных технологий»



 / Д.Г. Демидов /

« 26 » февраль 2026 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Цифровые системы автоматического управления**

Направление подготовки

09.03.01 Информатика и вычислительная техника

Профиль подготовки (образовательная программа)

«Программирование электронных устройств и систем»

Год начала обучения:

2026

Квалификация (степень) выпускника

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Москва – 2026

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО и учебного плана Московского политехнического университета по направлению (специальности) 09.03.01 Информатики и вычислительная техника, по профилю подготовки Программирование электронных устройств и систем.

Разработчик(и):

к. ф.-м. н., доцент кафедры



/ Т.Т. Идиатуллин /

Согласовано:

Заведующий кафедрой
«СМАРТ-технологии»,
к.т.н., доцент



/ Е.В. Петрунина /

Содержание

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы
3. Структура и содержание дисциплины
 - 3.1 Виды учебной работы и трудоемкость
 - 3.2 Тематический план изучения дисциплины (по формам обучения)
 - 3.3 Содержание дисциплины
 - 3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий
 - 3.5 Тематика вопросов для самостоятельного изучения
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение
 - 4.1 Нормативные документы и ГОСТы
 - 4.2. Основная литература
 - 4.3 Дополнительная литература
 - 4.4 Электронные образовательные ресурсы
 - 4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение
 - 4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы
5. Материально-техническое обеспечение
6. Методические рекомендации
 - 6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения
 - 6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины
 - 6.3 Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
7. Фонд оценочных средств
 - 7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения
 - 7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения
- Приложение 1
- Приложение 2

1 Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

К основным целям освоения дисциплины «Цифровые системы автоматического управления» следует отнести:

- формирование у обучающихся системного представления о принципах построения и анализа цифровых систем автоматического управления;
- ознакомление обучающихся с методами математического описания, анализа устойчивости и синтеза регуляторов цифровых систем управления;
- формирование навыков разработки, моделирования и реализации цифровых систем автоматического управления для устройств и информационных систем.

К основным задачам освоения дисциплины «Цифровые системы автоматического управления» следует отнести:

- изучение структуры и принципов построения цифровых систем автоматического управления;
- изучение методов математического описания непрерывных и дискретных систем управления;
- изучение дискретных передаточных функций;
- изучение методов анализа устойчивости цифровых систем управления;
- изучение методов синтеза цифровых регуляторов, в том числе ПИД-регулирования;
- изучение методов цифрового моделирования систем управления;
- приобретение навыков реализации цифровых регуляторов на микроконтроллерах;
- приобретение навыков разработки, тестирования и защиты законченного проекта цифровой системы управления для устройства умного пространства.

Обучение по дисциплине «Цифровые системы автоматического управления» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции
ПК-4. Способен разрабатывать и внедрять интерфейсы взаимодействия программно-аппаратных средств информационных и автоматизированных систем	ИПК-4.1. Знает принципы построения цифровых систем автоматического управления и методы их анализа ИПК-4.2. Умеет разрабатывать и настраивать цифровые регуляторы для взаимодействия с объектом управления через интерфейсы датчиков и исполнительных устройств ИПК-4.3. Имеет навыки реализации и отладки цифровых систем управления на микроконтроллерах

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Цифровые системы автоматического управления» относится к числу профессиональных учебных дисциплин базового цикла (Б1.2) части, формируемой участниками образовательных отношений основной образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника», профиль «Программирование электронных устройств и систем».

Изучение дисциплины опирается на знания, умения и навыки, приобретенные в предшествующих дисциплинах: «Цифровая обработка сигналов», «Программирование микроконтроллеров», «Силовая электроника и электропривод».

Дисциплина обеспечивает изучение дисциплины «Промышленная автоматизация и интернет вещей», а также выполнение курсовых работ и выпускной квалификационной работы.

3 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, т.е. 108 академических часов, из них аудиторных — 54 часа, самостоятельная работа обучающихся — 54 часа. Форма промежуточной аттестации — дифференцированный зачет в 6 семестре.

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

(по очной форме обучения)

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестр 6
1	Аудиторные занятия	54	54
	В том числе:		
1.1	Лекции	18	18
1.2	Семинарские/практические занятия	—	—
1.3	Лабораторные занятия	36	36
2	Самостоятельная работа	54	54
3	Промежуточная аттестация	дифференцированный зачет	дифференцированный зачет
	Итого:	108	108

3.2 Тематический план изучения дисциплины

(по очной форме обучения)

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Всего, час.	Лекции	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1	Тема 1. Введение в цифровые системы автоматического управления. Структура и принципы построения	12	2	4	6
2	Тема 2. Математическое описание непрерывных и дискретных систем управления	12	2	4	6
3	Тема 3. Дискретные передаточные функции. Z-преобразование в теории управления	12	2	4	6
4	Тема 4. Устойчивость цифровых систем управления	12	2	4	6
5	Тема 5. Синтез цифровых регуляторов: ПИД-регулирование	12	2	4	6

6	Тема 6. Цифровое моделирование систем управления	12	2	4	6
7	Тема 7. Реализация цифровых систем управления на микроконтроллерах для устройств умных пространств	36	6	12	18
	Итого	108	18	36	54

3.3 Содержание дисциплины

3.3.1 Содержание лекционных занятий (18 часов)

Тема 1. Введение в цифровые системы автоматического управления. Структура и принципы построения (2 ч)

Понятие системы автоматического управления, обобщенная структурная схема: объект управления, регулятор, датчики, исполнительные устройства. Отличие цифровой системы управления от непрерывной (аналоговой): наличие аналого-цифрового и цифро-аналогового преобразователей, дискретность во времени. Классификация систем управления: разомкнутые и замкнутые, с обратной связью по состоянию и по выходу. Области применения цифровых систем управления в устройствах умных пространств.

Тема 2. Математическое описание непрерывных и дискретных систем управления (2 ч)

Дифференциальные уравнения как модель непрерывного объекта управления, передаточная функция по Лапласу. Понятие такта дискретизации, преобразование непрерывной модели в дискретную. Разностные уравнения как модель дискретной системы. Пространство состояний: описание системы управления в переменных состояния, матричная форма записи.

Тема 3. Дискретные передаточные функции. Z-преобразование в теории управления (2 ч)

Понятие дискретной передаточной функции, ее связь с разностным уравнением системы. Применение Z-преобразования для анализа дискретных систем управления. Соответствие между полюсами передаточной функции на плоскости Z и характером переходного процесса. Частотные характеристики дискретной системы, понятие частоты Найквиста.

Тема 4. Устойчивость цифровых систем управления (2 ч)

Понятие устойчивости системы управления, условия устойчивости дискретной системы на плоскости Z . Критерии устойчивости дискретных систем: критерий Джюри, билинейное преобразование и применение критерия Рауса — Гурвица. Влияние периода дискретизации на устойчивость и качество переходного процесса цифровой системы управления.

Тема 5. Синтез цифровых регуляторов: ПИД-регулирование (2 ч)

Структура и принцип действия пропорционально-интегрально-дифференциального (ПИД) регулятора. Дискретная реализация ПИД-регулятора: разностное уравнение регулятора. Методы настройки параметров ПИД-регулятора: метод Зиглера — Никольса, метод желаемого расположения полюсов. Особенности реализации ПИД-регулятора при ограниченных вычислительных ресурсах микроконтроллера.

Тема 6. Цифровое моделирование систем управления (2 ч)

Цели и методы цифрового моделирования замкнутых систем управления. Построение имитационной модели системы управления с использованием инструментальных средств моделирования. Анализ переходных процессов и качества регулирования по результатам моделирования: время регулирования, перерегулирование, статическая ошибка. Оптимизация параметров регулятора по результатам моделирования.

Тема 7. Реализация цифровых систем управления на микроконтроллерах для устройств умных пространств (6 ч)

Этапы разработки цифровой системы управления: математическое описание объекта, синтез регулятора, моделирование, программная реализация на микроконтроллере. Особенности реализации алгоритма регулирования с учетом периода дискретизации и вычислительных ограничений микроконтроллера. Организация взаимодействия регулятора с датчиками и исполнительными устройствами через соответствующие интерфейсы. Тестирование и настройка цифровой системы управления на реальном объекте (например, регулирование температуры, освещенности или положения) для устройства умного пространства.

3.3.2 Содержание лабораторных занятий (36 часов)

Лабораторное занятие № 1. Построение математической модели объекта управления (4 ч)

Формализация заданного объекта управления в виде дифференциального уравнения. Получение передаточной функции объекта по Лапласу. Проверка адекватности модели на контрольных примерах.

Лабораторное занятие № 2. Дискретизация непрерывной модели объекта управления (4 ч)

Выбор периода дискретизации для заданного объекта управления. Преобразование непрерывной передаточной функции в дискретную с использованием методов инвариантности импульсной характеристики или билинейного преобразования.

Лабораторное занятие № 3. Анализ устойчивости цифровой системы управления (4 ч)

Определение полюсов дискретной передаточной функции разомкнутой и замкнутой системы. Оценка устойчивости системы на основе расположения полюсов на плоскости Z .

Лабораторное занятие № 4. Синтез цифрового ПИД-регулятора (4 ч)

Расчет параметров ПИД-регулятора для заданного объекта управления методом Зиглера — Никольса. Получение разностного уравнения дискретного регулятора.

Лабораторное занятие № 5. Моделирование замкнутой цифровой системы управления (4 ч)

Построение имитационной модели замкнутой системы управления с рассчитанным регулятором. Анализ переходного процесса: время регулирования, перерегулирование, статическая ошибка.

Лабораторное занятие № 6. Настройка параметров регулятора для улучшения качества регулирования (4 ч)

Корректировка параметров ПИД-регулятора по результатам моделирования для достижения требуемых показателей качества переходного процесса. Сравнение нескольких вариантов настройки регулятора.

Лабораторное занятие № 7. Реализация цифрового регулятора на микроконтроллере (4 ч)

Разработка программной реализации дискретного ПИД-регулятора на микроконтроллере. Проверка работы регулятора при подключении к модели объекта управления или реальному лабораторному стенду.

Лабораторное занятие № 8. Комплексный проект: разработка цифровой системы управления (8 ч)

Выполнение комплексного проекта по разработке цифровой системы автоматического управления для устройства умного пространства: математическое описание объекта, синтез и настройка регулятора, программная реализация, тестирование на макете. Оформление отчета и защита результатов проекта.

3.3.3 Содержание самостоятельной работы обучающихся (54 часа)

Самостоятельная работа обучающихся включает следующие виды деятельности:

- проработка конспектов лекций и изучение разделов дисциплины, вынесенных на самостоятельное изучение, по рекомендованной литературе и электронным образовательным ресурсам;
- изучение документации инструментальных средств моделирования систем управления;
- подготовка к выполнению и защите практических работ, оформление отчетов;
- выполнение расчетно-графических заданий по анализу устойчивости и синтезу регуляторов;
- подготовка обзора (реферата) по современным методам цифрового управления;
- выполнение индивидуального задания по разработке цифровой системы управления для устройства умного пространства;
- подготовка к тестированию и к дифференцированному зачету.

4 Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

1. Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации».
2. Приказ Минобрнауки России от 19.09.2017 № 929 (ред. от 08.02.2021) «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования — бакалавриат по направлению подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника» (Зарегистрировано в Минюсте России 10 октября 2017 г. № 48489).
3. Академический учебный план. Направление подготовки: 09.03.01 Информатика и вычислительная техника. Профиль: Программирование электронных устройств и систем. Форма обучения: очная.

4. Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет» (утверждено приказом Московского Политеха от 01.12.2022 № 1375ОД).

4.2. Основная литература

1. Куо, Б. Теория и проектирование цифровых систем управления / Б. Куо. — Москва : Машиностроение, 1986. — 448 с.
2. Бесекерский, В. А. Теория систем автоматического управления / В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. — Санкт-Петербург : Профессия, 2003. — 752 с.
3. Остром, К. Ю. Системы управления с ЭВМ / К. Ю. Остром, Б. Виттенмарк. — Москва : Мир, 1987. — 480 с.

4.3 Дополнительная литература

1. Ротач, В. Я. Теория автоматического управления : учебник / В. Я. Ротач. — Москва : Изд-во МЭИ, 2008. — 396 с.
2. Дорф, Р. Современные системы управления / Р. Дорф, Р. Бишоп. — Москва : Лаборатория Базовых Знаний, 2002. — 832 с.
3. Александров, А. Г. Оптимальные и адаптивные системы : учебное пособие / А. Г. Александров. — Москва : Высшая школа, 1989. — 263 с.

4.4 Электронные образовательные ресурсы

1. ЭОР в разработке
2. Электронно-библиотечная система «Лань». — <https://e.lanbook.com/>
3. Электронно-библиотечная система «Юрайт». — <https://urait.ru/>

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

1. Операционная система Windows 10 (или выше) — Microsoft Open License.
2. Офисные приложения Libre Office 2016 (или выше) — Open License.
3. Среда для инженерных и научных расчетов и моделирования систем управления (например, Octave/Scilab либо отечественный аналог) — свободно распространяемое ПО.
4. Интегрированная среда разработки для программирования микроконтроллеров — свободно распространяемое ПО.

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Информационная система «Техэксперт»: нормативно-техническая документация. — <https://cntd.ru/>
2. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. — <https://docs.cntd.ru/>

5 Материально-техническое обеспечение

Для проведения всех видов занятий необходимо презентационное оборудование (мультимедийный проектор, компьютер, экран) — 1 комплект.

Для проведения практических занятий необходимо наличие компьютерного класса, оборудованного современной вычислительной техникой из расчета одно рабочее место на одного обучающегося с доступом в сеть Интернет, а также следующего оборудования:

- лабораторные стенды для моделирования объектов управления (например, температурный или уровненый стенд);
- отладочные платы с микроконтроллерами для реализации цифровых регуляторов;
- измерительные приборы: цифровые осциллографы, источники питания.

6 Методические рекомендации

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

При подготовке к занятиям следует предварительно проработать материал занятия, предусмотрев его подачу точно в отведенное для этого время занятия. Следует подготовить необходимые материалы — примеры математических моделей объектов управления, задания для практических занятий.

Практические занятия целесообразно выстраивать по принципу постепенного усложнения: от построения математической модели и анализа устойчивости к синтезу регулятора и моделированию, а затем к реализации цифровой системы управления на реальном устройстве.

При проведении занятий рекомендуется использовать разбор реальных задач управления в устройствах умных пространств (регулирование температуры, освещенности, влажности), чтобы обучающиеся видели практическую значимость изучаемого материала.

При проверке работ и отчетов следует учитывать не только формальное соответствие требованиям задания, но и корректность выполненных расчетов и качество полученного переходного процесса.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Изучение дисциплины осуществляется в строгом соответствии с целевой установкой в тесной взаимосвязи с учебным планом. Основой теоретической подготовки обучающихся являются лекции.

В процессе самостоятельной работы обучающиеся закрепляют и углубляют знания, полученные во время аудиторных занятий, дорабатывают конспекты лекций, изучают документацию инструментальных средств моделирования, готовятся к защите практических работ и к дифференцированному зачету, а также самостоятельно изучают отдельные темы учебной программы.

Особое внимание при подготовке следует уделять приобретению практических навыков анализа устойчивости и синтеза регуляторов. Рекомендуется регулярно практиковаться в моделировании систем управления и интерпретации полученных переходных процессов.

6.3 Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости для обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья с учетом их индивидуальных потребностей и по личному заявлению обеспечивается: предоставление учебных материалов в доступных форматах, использование при необходимости специализированных технических средств обучения, увеличение продолжительности выполнения практических и контрольных работ, выбор мест прохождения практики и проведения занятий с учетом состояния здоровья обучающегося, а также иные условия, предусмотренные локальными нормативными актами университета.

7 Фонд оценочных средств

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы обучающихся, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации:

- подготовка к решению прикладных задач;
- выполнение и защита практических работ, оформление отчетов;

- выполнение расчетно-графических заданий и их защита;
- выполнение индивидуального задания по разработке цифровой системы управления;
- подготовка обзора (реферата) по современным методам цифрового управления;
- тест;
- дифференцированный зачет.

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

ПК-4. Способен разрабатывать и внедрять интерфейсы взаимодействия программно-аппаратных средств информационных и автоматизированных систем

Показатель	2	3	4	5
знать: принципы построения цифровых систем автоматического управления и методы их анализа	Обучающийся демонстрирует полное соответствие или недостаточное соответствие указанных знаний	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие знаний, освещена основная, наиболее важная часть материала, допущена одна значительная ошибка или неточность	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие указанных знаний, допускаются 2–3 незначительные ошибки и неточности	Обучающийся демонстрирует полное соответствие указанных знаний, свободно оперирует материалом дисциплины
уметь: разрабатывать и настраивать цифровые регуляторы для взаимодействия объектом управления через интерфейсы датчиков и исполнительных устройств	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет выполнять указанные действия	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие указанных умений, испытывает значительные затруднения при переносе умений на новые ситуации	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие указанных умений, допускает незначительные ошибки и неточности	Обучающийся демонстрирует полное соответствие указанных умений, уверенно применяет их в нестандартных ситуациях

владеть: навыками реализации и отладки цифровых систем управления на микроконтроллерах	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет указанными навыками	Обучающийся владеет указанными навыками, но допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность навыков по ряду показателей	Обучающийся владеет указанными навыками, допускаются незначительные ошибки и затруднения при практических операциях	Обучающийся в полном объеме владеет указанными навыками, свободно оперирует приобретенными знаниями
--	--	--	---	---

Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

Форма промежуточной аттестации: дифференцированный зачет.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме дифференцированного зачета проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю), методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

Шкала оценивания	Описание
отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Обучающийся демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, свободно оперирует приобретенными знаниями, умениями и навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. Все практические работы и индивидуальное задание выполнены и защищены. Присутствовал более чем на $\frac{3}{4}$ занятий по дисциплине.
хорошо	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Обучающийся демонстрирует неполное, но правильное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, либо при этом были допущены 2–3

	несущественные ошибки. Присутствовал более чем на $\frac{3}{4}$ занятий по дисциплине.
удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Обучающийся демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность. Присутствовал более чем на $\frac{1}{2}$ занятий по дисциплине.
неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Обучающийся демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

7.3 Оценочные средства

7.3.1 Список вопросов для дифференцированного зачета

1. Понятие системы автоматического управления, обобщенная структурная схема.
2. Отличие цифровой системы управления от непрерывной.
3. Классификация систем управления: разомкнутые и замкнутые.
4. Дифференциальные уравнения и передаточная функция непрерывного объекта.
5. Понятие такта дискретизации, преобразование непрерывной модели в дискретную.
6. Разностные уравнения как модель дискретной системы.
7. Пространство состояний: описание системы в переменных состояния.
8. Понятие дискретной передаточной функции.
9. Применение Z-преобразования для анализа дискретных систем.
10. Соответствие между полюсами передаточной функции на плоскости Z и характером переходного процесса.

11. Понятие устойчивости системы управления, условия устойчивости на плоскости Z .
12. Критерии устойчивости дискретных систем.
13. Влияние периода дискретизации на устойчивость и качество регулирования.
14. Структура и принцип действия ПИД-регулятора.
15. Дискретная реализация ПИД-регулятора.
16. Методы настройки параметров ПИД-регулятора.
17. Особенности реализации ПИД-регулятора при ограниченных вычислительных ресурсах.
18. Цели и методы цифрового моделирования систем управления.
19. Показатели качества переходного процесса: время регулирования, перерегулирование, статическая ошибка.
20. Этапы разработки цифровой системы управления.
21. Организация взаимодействия регулятора с датчиками и исполнительными устройствами.
22. Особенности реализации цифровых систем управления для устройств умных пространств.